

Nano-mechanische Untersuchung des Verhaltens von Bitumen mit Hilfe der Rasterkraftmikroskopie

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

Domenic Ganter¹, Doru C. Lupascu², Vladimir Shvartsman², Harsh Trivedi²

¹Institut für Straßenbau, ²Institut für Materialwissenschaft der Universität Duisburg-Essen

Einleitung

Makroskopische Versuche werden schon seit langer Zeit genutzt, um das mechanische Verhalten von Bitumen bzw. Asphalten zu bestimmen. Um hinreichende Erkenntnisse über die Hintergründe dieser Ergebnisse zu erlangen, sind micro-mechanische Verfahren notwendig. Eine dieser Methoden ist die Rasterkraftmikroskopie oder auch Atomic Force Microscopy genannt.

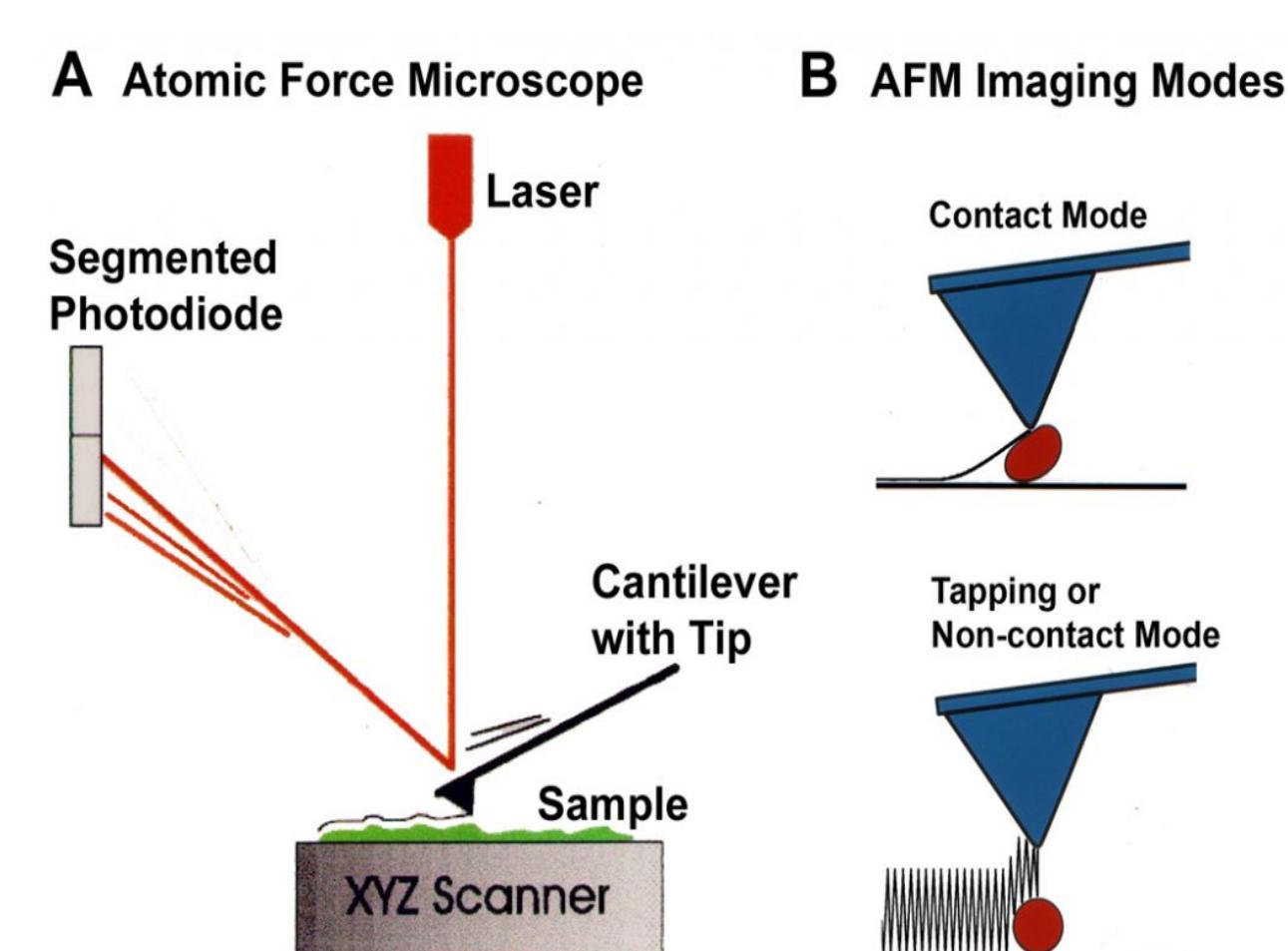
Untersuchte Bitumen

Zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften und topographischen Struktur werden in der ersten Bearbeitungsphase vorrangig Recyclingbitumen und der Einfluss von Lösemitteln untersucht.

In einem weiteren Schritt werden Bitumen unterschiedlicher Provenienzen verglichen. Durch variierende Zusammensetzungen werden große Schwankungen in ihren Eigenschaften erwartet. Die letzte Phase befasst sich mit Bitumenmodifikationen und Additiven. Alle Untersuchungen werden bei unterschiedlichen Temperaturen und Alterungsstadien durchgeführt.

Rasterkraftmikroskopie / Atomic-Force-Microscopy

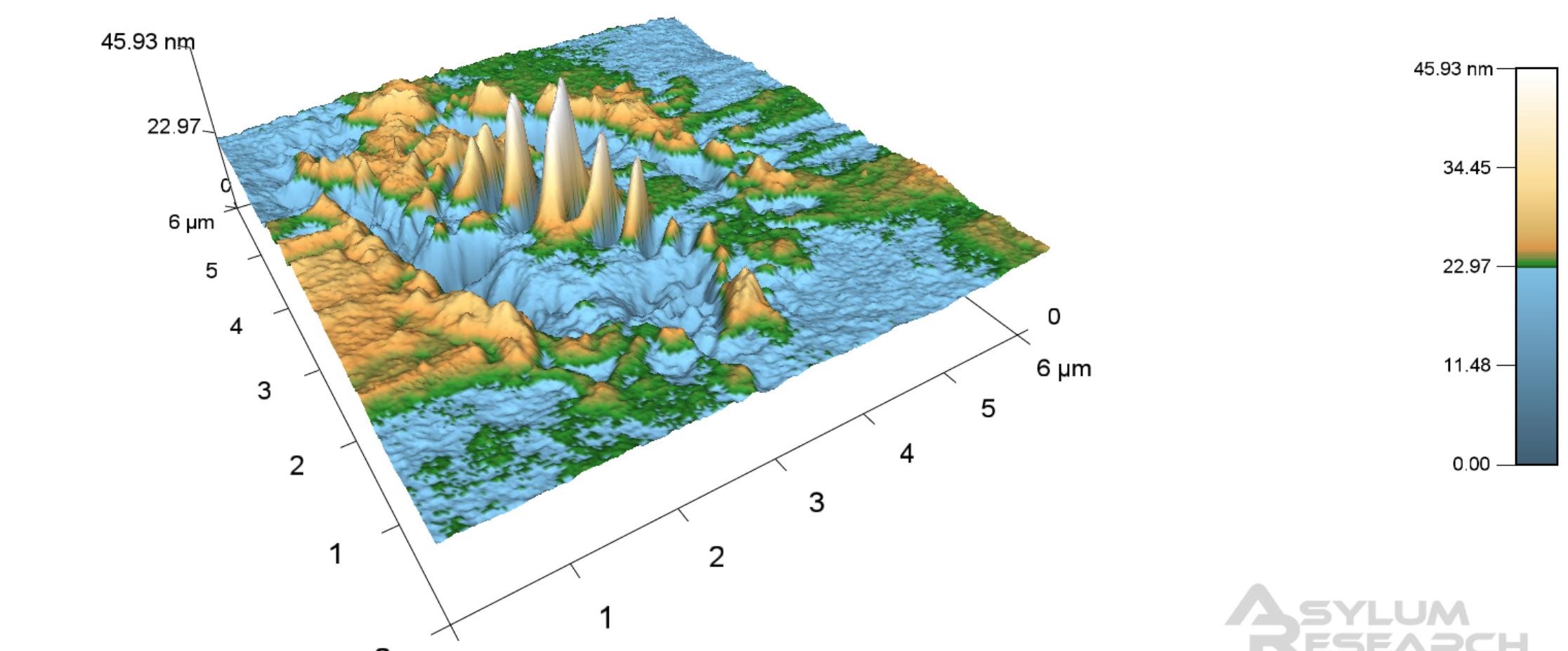
Das Prinzip des Rasterkraftmikroskops (Atomic Force Microscope „AFM“) ähnelt einem Finger, der eine Oberfläche mechanisch abtastet und zudem die Kräfte zwischen den Atomen der Probe und denen der Messspitze misst. Eine Nadel („tip“) ist an einer mikroskopisch kleinen Blattfeder, dem Cantilever, befestigt und fährt, getrieben von einem piezoelektrischen Scanner, in einem vorgegebenen Raster über eine Probe. Die Verbiegung des Hebelarms, hervorgerufen durch Kräfte zwischen Probe und Spitz, werden hochauflöst gemessen,



in dem ein Laserstrahl auf die Spitz gerichtet und der reflektierte Strahl mit einem Photodetektor aufgefangen wird. Topographie, Adhäsion und weitere mechanische Eigenschaften sollen das mikro-mechanische Verhalten von Bitumen weiter erläutern.

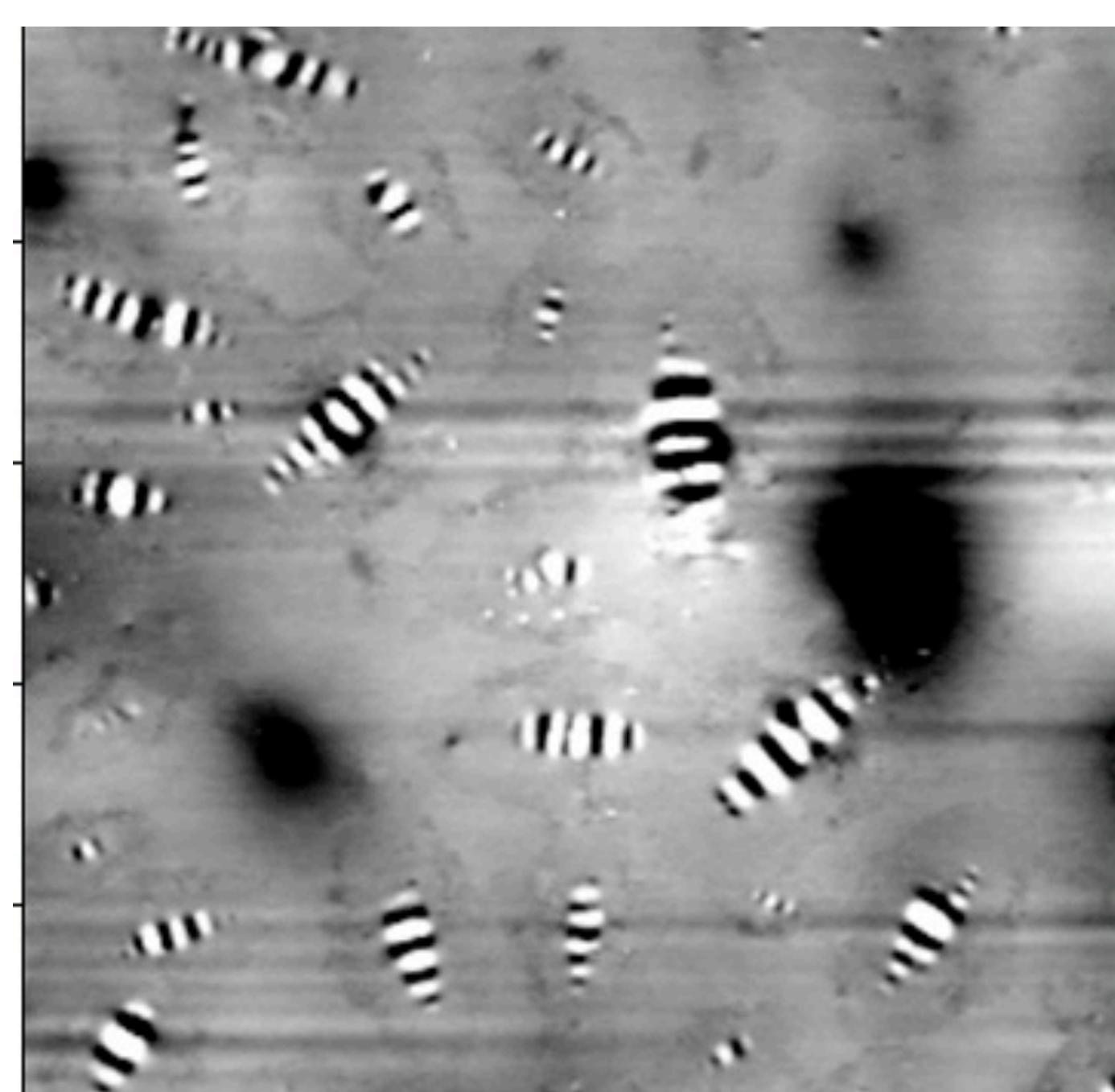
Topographie

Topographische Bilder auf der Nanoskala geben Aufschluss über die Veränderungen der Oberflächenstruktur unter verschiedenen Einflüssen wie z.B. Hitze, Kälte oder Alterung. Aus der Literatur bekannt ist hier die typische Bienenstruktur „bee-structure“ an der Bitumenoberfläche, die durch zunehmende Alterung des Bitumens vermehrt auftritt.



Adhäsion

Das Adhäsionsvermögen von Bitumen ist maßgebend abhängig von dessen Zusammensetzung. Die prozentualen Anteile der Fraktionen bestimmen die Viskosität und die Intensität der Adhäsion.



Mikrophasen innerhalb des Bitumens treten separat von einander auf und zeigen deutliche Unterschiede in ihren Eigenschaften, vor Allem hinsichtlich ihrer Adhäsion. Die Erklärung dieser unterschiedlichen Phasen ist aufgrund der komplexen chemischen Struktur des Bitumens nur sehr schwer möglich. Allgemein lassen sich die Klebeigenschaften des Bitumens allerdings sehr gut bestimmen.

Mechanische Eigenschaften

Das Youngscher Modul, besser bekannt als Elastizitätsmodul, ist ein Materialkennwert, der den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines festen Körpers, mit linear elastischen Eigenschaften, angibt. Durch das Rastermikroskop ist es möglich, Bitumen nanomechanisch zu charakterisieren. Der AM-FM Modus liefert Informationen über das elastische Verhalten, unter anderem Speicher- und Verlustmodul, E-Modul und Kontaktsteifigkeit.

Zusammenfassung und Ausblick

Bitumen ist ein hochkomplexer Werkstoff und als Bindemittel im Asphalt unersetzlich. Die Zusammensetzung des Bitumens hängt maßgebend von der Provenienz des gewonnenen Rohöls ab. Klassische Kennwerte (Nadelpenetration, Erweichungspunkt Ring und Kugel, etc.) kategorisieren das Bindemittel. Nanomechanische Analysen sollen zeigen, dass maßgebende Eigenschaften wie Oberflächenbeschaffenheit und Adhäsionsvermögen trotz gleicher Sorte variieren.

Mit Hilfe des visco-elastischen Mappings werden die verschiedenen Bitumen-/sorten nanomechanisch charakterisiert.

Recycling-Asphalt ist ein Thema von zunehmender Wichtigkeit. Der Einsatz von Lösemitteln erfordert Erkenntnisse über den Einfluss der Chemikalien auf die mikromechanischen Eigenschaften des Bitumens. Wie unterscheiden sich Lösemittel chemischer von denen biologischer Basis?

Möglicherweise lassen sich Rückschlüsse von der Nanoskala auf die Makroebene übertragen.